

по бетону современными перфораторами. Требуется также разработка эффективной технологии образования в бетоне щелевых и профильных шпуров для установки металлических анкеров некруглого сечения.

- 1.Золотов М.С., Шутенко Л.Н., Золотов С.М., Скляров В.А. Анкерные крепления в бетоне // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.15. – К.: Техніка, 1998. – С.39-43.
- 2.Кутовой Э.Н., Гелета А.В. Особенности образования в железобетонных конструкциях шпуров для заделки плоских металлических анкеров // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.25. – К.: Техніка, 2000. – С.89-93.
- 3.Нохрина Л.А. Устройство скважин для заделки в бетон анкеров акриловыми клеями // Тез. докл. IV Украинской науч.-техн. конференции «Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве». – Харьков, 1996. – С.100-102.
- 4.Нохрина Л.А., Золотов М.С. Технические средства образования скважин в бетоне для заделки анкеров с помощью клеев // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.10. – К. Техніка, 1997. – С.81-84.
- 5.Воздвиженский Б.И., Сидоренко А.К., Скортеков А.Л. Современные способы бурения скважин. – М.: Недра, 1992. – 246 с.
- 6.Механизмы и машины ударного, вращательно-ударного действия // Сб. статей под ред. Родионова И.В. – Новосибирск, 1963. – 209 с.
- 7.Бесчастный А.В., Касаточкин А.В. Технология алмазного сверления железобетона. – М.: Стройиздат, 1980. – 104 с.
- 8.Ряшенцев Н.П. и др. Ручные электрические машины ударного действия. – М.: Недра, 1970. – 192 с.
- 9.Пфуль Б.В. Малая механизация в строительстве. – М.: Стройиздат, 1970. – 287 с.
- 10.Гелета А.В., Кутовой Э.Н. Сравнительная оценка основных эксплуатационных параметров ручных электрических ударно-вращательных машин // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, 2001.
- 11.Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. –М.: Химия, 1971. – 496 с.
- 12.Слаутин С.Н. Планирование эксперимента в химии и химической технологии. – Л.: Химия, 1975.
- 13.Фадлер Ю.П., Марков Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1971.
- 14.Хартман К. и др. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов. – М.: Мир, 1977. – 532 с.

Получено 12.12.2002

УДК 624.018

Ю.В.ГЛАЗУНОВ, канд. техн. наук

Харьковская государственная академия городского хозяйства

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ БЕТОНА ПРИ МНОГОКРАТНО ПОВТОРЯЮЩЕМСЯ ДЕЙСТВИИ НАГРУЗКИ

Рассматриваются основные понятия механики разрушения бетона, сформулированы положения теории прочности высокопрочных бетонов. Приводятся результаты исследования работы бетона при действии многократно повторяющихся (циклических) нагрузок.

В результате циклического действия нагрузки в бетоне еще долго до разрушения начинают возникать микротрещины. Они формируются при невысоких напряжениях. В результате циклического деформирования создаются условия для высокой концентрации напряжений: в микрообъемах материала происходит процесс накопления неупругой деформации, что обусловлено структурной и физической неоднородностью бетона.

При действии статической нагрузки местные перенапряжения могут релаксировать из-за проявления вязких свойств материала, выравнивания поля напряжений и деформаций. При многократно повторяющемся нагружении данное явление не может развиваться в той же мере. Это одна из причин того, что сопротивление бетона усталостному трещинообразованию и разрушению значительно ниже, чем сопротивление при статических нагрузках [1].

Вследствие воздействия многократных вибрационных нагрузок в бетоне может проявляться своеобразный эффект вибровязкости. Под действием вибрации многие материалы, в первую очередь зернистые, снижают сопротивление деформированию. Многократно приложенные к бетону нагрузки приводят к десинхронизации контактов на поверхностях сухого трения и к уменьшению вязких связей, что способствует своеобразному виброразжижению затвердевшего бетона.

Усталость бетона тесно связана с его упрочнением в раннем и позднем возрасте. Упрочнение и усталость обусловлены изменениями в микроструктуре бетона под действием циклической нагрузки. Эти процессы изучали на образцах размером $5 \times 5 \times 10$ см и $7 \times 7 \times 15$ см, изготовленных из мелкозернистого бетона. Были использованы гранитный щебень крупностью зерен до 10 мм, мелкозернистый кварцевый песок с модулем крупности $M_{кр}=1,3$ и портландцемент марки 500. Состав бетона 1 : 1,5 : 2,0. Водоцементное отношение изменялось от 0,4 до 0,5.

Для наблюдения за возникновением и развитием микротрещин места их вероятного возникновения шлифовали. С поверхности образца специально изготовленным шлифовальным кругом малого диаметра удаляли слой толщиной 0,1-0,2 мм. В результате образовывался плоский срез структурных элементов бетона. Опыты показали, что такое шлифование не влияет на статическую и усталостную прочность образца. Для контроля за нарушениями в структуре бетона применяли растворы красителей, адсорбирующих на свежих поверхностях разрушения (капиллярный метод дефектоскопии).

При выполнении опытов учитывали, что усталостное разрушение бетона можно представить как его неустойчивое деформирование [2].

Границей между устойчивым и неустойчивым деформированием является физический (абсолютный) предел усталостной прочности бетона R_y . Если приложенное напряжение $\sigma > R_y$, процессы трещинообразования развиваются неустойчиво и бетон разрушается. Наоборот, если $\sigma \leq R_y$, преобладает упрочнение бетона.

Следовательно, степень опасности того или иного местного перенапряжения определяется вероятностью возникновения его в критическом объеме бетона. Чем больше значение локального напряжения, тем меньше вероятность его действия в критическом объеме бетона при данном $\sigma_{ср}$. Это значит, что местные напряжения, близкие к $\sigma_{ср}$, возникают в макрообъемах материала.

Напряжения, превосходящие во много раз $\sigma_{ср}$, могут возникать лишь в небольших микрообъемах. Если объем отдельных локальных перенапряжений и зон ослабленных связей не превышает критического значения, то наличие этих зон не снижает прочности материала.

Таким образом, отдельные нарушения сплошности структуры играют существенную роль, если они принимают значительные размеры или возникает большое число микроразрушений, которые образуют сплошную зону отрыва. Для цементного бетона характерно накопление многих микроповреждений в структуре и объединение их в микротрещины. Это относится к случаям воздействия многократно повторяющихся нагрузок.

Выносливость цементного бетона максимальная при оптимальном содержании цементного клея. Если его недостаточно, не все пустоты заполняются, а поверхность заполнителей не полностью покрывается цементным тестом. При избытке цементного клея возможно развитие опасных усадочных микротрещин, которые ускоряют разрушение бетона. Опыты показали, что оптимальное количество цемента определяется крупностью заполнителей.

Выносливость бетона зависит от свойств контактного слоя на границе цементного камня и заполнителей. Наиболее вынослив бетон, приготовленный на известняковом щебне. Его макроструктура более однородная. Физико-механические свойства известняков – плотность, прочность, модуль деформации – в большей степени приближаются к аналогичным свойствам растворной составляющей, чем показатели гранитного щебня. Поэтому концентрация напряжений в бетонах с известняковым щебнем меньше.

Отрицательное влияние на предел усталости оказывает пылеватоглинистая пленка на поверхности зерен щебня, которая ослабляет контактную зону. Высокие показатели усталостной прочности обна-

ружены у бетона, который изготовлен на шлаковом щебне. Выносливость бетона зависит от содержания в щебне слабых зерен. Если они имеются, неоднородность структуры материала увеличивается, поскольку в нем образуются ослабленные места, где начинается разрушение при повторных нагрузках [3].

Опытным путем также определен физический предел усталости для бетонов различного состава и возраста, изготовленных на щебне нескольких разновидностей и портландцементе Балаклейского завода. Как следует из анализа полученных результатов, этот показатель в значительной степени зависит от структуры бетона. Его значение больше у бетонов, изготовленных на известняковом, шлаковом и керамическом щебне, и меньше у бетона на гранитном щебне. Оно меньше также у бетона, твердеющего при пропаривании, и резко снижается в случае содержания в щебне слабых зерен, так как пропаривание и наличие слабых зерен увеличивают дефектность структуры.

Физический предел усталости несколько повышается с возрастом бетона. Известно, что при напряжениях выше физического предела усталости (база испытаний до 10^6 циклов) выносливость больше у бетонов в раннем возрасте. Пластические свойства бетона способствуют замедлению усталостного разрушения при высоких напряжениях, но физический предел усталости в конечном счете определяется упругими связями. Поэтому при напряжении, близком к физическому пределу усталости, выносливость выше у материалов с более ярко выраженными упругими свойствами.

Трещины усталости при изгибе и осевом растяжении зарождаются и распространяются преимущественно в поверхностных слоях бетонных образцов или конструкций. Поэтому любые способы изоляции и упрочнения поверхности изгибаемого или растягиваемого бетона способствуют повышению его выносливости и предела усталости.

В результате упрочнения верхнего слоя незатвердевшего бетона ультразвуковой обработкой его прочность возросла на 5, а предел выносливости – на 17%. Упрочнение поверхности затвердевшего бетона двойным покрытием эпоксидным клеем и стеклотканью повышает прочность соответственно на 4,5 и 60%, а предел выносливости – на 30 и 100%. Таким образом, упрочнение поверхности бетонных образцов в значительно большей мере повышает предел усталости, чем статическую прочность.

Для ускоренной оценки пределов длительной прочности и выносливости бетона важное значение имеет установление связи между прочностью на растяжение и критериями механики разрушения. Считают, что критический коэффициент интенсивности напряжений сов-

падает с прочностью бетона на растяжение с точностью до постоянно-го множителя [4].

Результаты проведенных опытов свидетельствуют о возможности производства бетона с высокими показателями выносливости при правильном выборе исходных материалов, применении рациональных технологических приемов приготовления и уплотнения бетонных смесей с последующим твердением.

1. Грушко И.М., Глушенко Н.Ф., Ильин А.Г. Структура и прочность дорожного цементного бетона. – Харьков: Изд-во при Харьк. ун-те, 1965. – 136 с.

2. Зайцев Ю.В. Моделирование деформаций и прочности бетона методами механики разрушения. – М.: Стройиздат, 1982. – 196 с.

3. Соломатов В.И. Элементы общей теории композиционных строительных материалов // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1980. – № 8. – С. 62-70.

4. Ламкин М.С., Пашенко В.И., Трапезников Л.П. Применение теории хрупкого разрушения к определению размеров температурных трещин в элементах бетонных конструкций // Тр. координационных совещаний по гидротехнике. – 1973. – Вып.82. – С.68-73.

Получено 16.12.2002

УДК 721.011 : 65.011.56

М.С.БАРАБАШ

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

Рассматривается схема экспертной системы (ЭС), осуществляющей выбор рационального проектного решения. База знаний (БЗ), являющаяся интеллектуальной частью ЭС, управляет автоматическим процессом построения вариантов конструктивных схем. Компонента объяснения делает трассировку в обратном направлении элементов решений в БЗ, используя эвристические методы.

Предлагаются два примера процедурных знаний. Первое процедурное знание ориентировано на проектирование здания в районе повышенного колебания грунта, второе – рассматривает расстановку вертикальных несущих элементов-пилонов, колонн и диафрагм.

Характерной чертой современных проектирующих систем является стремление к автоматизации широкого круга проектных работ на основе интегрированных информационных логических моделей объекта. Модель объекта проектирования представляется в виде многокомпонентной структуры, состоящей из совокупности следующих взаимно связанных компонентов: система функциональных элементов объекта проектирования; множество систем координат; множество геометрических элементов; множество нагрузок, общие характеристики объекта, такие как район строительства, грунтовые условия; мно-